

**XLVIII MIĘDZYSZKOLNY TURNIEJ FIZYCZNY**  
**dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych**  
**w roku szkolnym 2005/06**

**WZORCOWE ROZWIĄZANIE ZADANIA NR 1**

W poruszającym się do góry wagonie działa siła bezwładności  $F_b$  o kierunku przeciwnym do jego ruchu, czyli leżąca pod kątem  $\beta$  do poziomu (patrz rysunek). Powoduje ona, że pozorny ciężar kulki zawieszonej na nici wahadła jest równy (tw. cosinusów)

$$Q'^2 = Q^2 + F_b^2 - 2QF_b \cos(90^\circ + \beta) . \quad (1)$$

W tym nieinercyjnym układzie odniesienia rolę siły kierującej dla wahadła będzie odgrywała składowa prostopadła do nici ciężaru pozornego  $Q'$ . W związku z tym częstość drgań harmonicznym wahadła będzie wyrażona analogicznie jak częstość dla wahadła drgającego w polu grawitacyjnym Ziemi, ale z przyspieszeniem zadany przez ciężar pozorny tzn.

$$\omega = \sqrt{\frac{g'}{l}} , \quad (2)$$

gdzie  $g'$  wyliczymy z (1) biorąc  $Q = mg$  i  $F_b = ma$ :

$$g' = \sqrt{g^2 + a^2 - 2ga \cos(90^\circ + \beta)} . \quad (3)$$

Ponieważ  $\omega = 2\pi/T$ , to ostatecznie okres drgań wahadła wynosi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2 + a^2 - 2ga \cos(90^\circ + \beta)}}} . \quad (4)$$

Gdy kąt  $\beta = 0$ , to mamy sytuację drgającego wahadła w jadącym po poziomej drodze pojeździe i wówczas

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2 + a^2}}} . \quad (5)$$

Gdy  $\beta = 90^\circ$ , to mamy sytuację drgającego wahadła w jadącej do góry windzie (wówczas ciężar pozorny to jak wiemy  $m(g+a)$ , czyli

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}} . \quad (6)$$

Gdy wagon kolejki zwalnia z przyspieszeniem  $a$  jadąc do góry to siły  $Q$  i  $F_b$  tworzą inne kąty (patrz rysunek) i wówczas w wyrażeniu (1) trzeba zastąpić kąt  $90^\circ + \beta$  przez kąt  $90^\circ - \beta$  i przeprowadzić wszystkie kroki analogicznie.

Proponowana punktacja:

1. Wyliczenie okresu drgań wahadła w wagonie (4) - max. 4 pkt.
2. Dyskusja przypadków granicznych (5) i (6) i ich interpretacja fizyczna - max. 4 pkt.
3. Dyskusja przypadku kolejki hamującej w jeździe do góry - max. 2 pkt.